

Radim ČAJKA¹, Vít KŘIVÝ², David SEKANINA³

**NÁVRH A VÝVOJ ZKUŠEBNÍHO ZAŘÍZENÍ PRO EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ
ZÁKLADOVÝCH DESEK NA PODLOŽÍ**

**DESIGN AND DEVELOPMENT OF TESTING DEVICE FOR EXPERIMENTAL
MEASUREMENTS OF FOUNDATION SLABS ON THE SUBSOIL**

Abstrakt

Článek pojednává o technickém řešení a výstavbě zkušebního zařízení, tzv. standu, pro experimentální měření přetvoření a napjatosti základových konstrukcí na podloží. Podrobně je popsán navržený konstrukční systém, analýza vnitřních sil a rozsah možného zatížení při experimentálních zkouškách. Výstavba zkušebního standu v areálu Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava byla realizována v roce 2010 a v závěru roku bylo zařízení připraveno k zahájení experimentálních zkoušek.

Klíčová slova

Zkušební zařízení, interakce, podloží, základ, statická zatěžovací zkouška.

Abstract

The paper deals with technical solutions and erection of the testing stand designed for experimental measurements of deformations and state of stress of foundation structures placed on the subsoil. The designed structural system, the analysis of internal forces and the range of maximal loading during experiments are described in detail. The erection of the testing stand was realized in 2010 at the area of Faculty of Civil Engineering, VSB-TU Ostrava. The testing stand was ready to begin the experiments at the end of 2010.

Keywords

Test Equipment, Interaction, Subsoil, Foundation, Static Load Test.

1 ÚVOD

V předkládaném článku je popsáno nově navržené zkušební zařízení, které bude sloužit nejen pro statickou zatěžovací zkoušku podloží, v souladu s normou ČSN 73 6190, ale také pro další experimenty zabývající se studiem napětově deformačních vztahů na rozmezí mezi základem a vyšetřovaným podložím. Navržené zkušební zařízení musí být dostatečně univerzální s ohledem na značnou variabilitu plánovaných experimentálních zkoušek.

¹ Prof. Ing. Radim Čajka, CSc., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební (FAST), Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 344, e-mail: radim.cajka@vsb.cz.

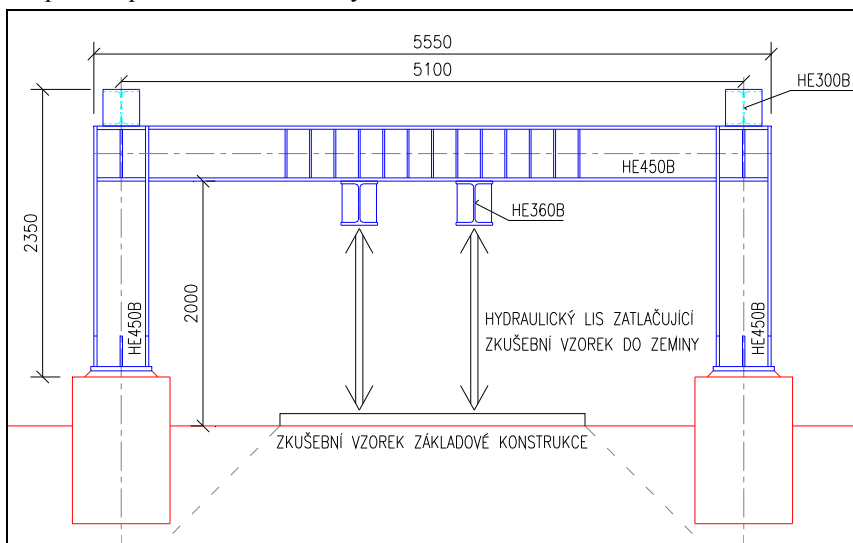
² Ing. Vít Křivý, Ph.D., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební (FAST), Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 363, e-mail: vit.krivy@vsb.cz.

³ Ing. David Sekanina, Ph.D., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební (FAST), Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 363, e-mail: david.sekanina@vsb.cz.

Hlavním požadavkem kladeným na zkušební zařízení je vytvoření dostatečně únosné a tuhé opěry pro lis, kterým bude vyvíjen tlak na zkoušené vzorky. Zařízení musí rovněž umožnit vyvození tlaku na zkušební těleso v libovolném místě zkušebního prostoru, popřípadě ve více místech současně. Návrh konstrukce byl proveden s ohledem na limitní zatěžovací případ, kdy je požadováno vyvození kontaktního napětí až 150 kPa pod železobetonovým základem o maximálních rozměrech 2500 × 2500 mm, viz obr. 5. Tato hodnota napětí bývá ve stavební praxi běžně dosahována v základových spárách staveb. Aby bylo možno dosáhnout potřebného napětí v kontaktní s podloží, je nutno vyvinout sílu pomocí hydraulických lisů zhruba $F_k = 940$ kN (94 t). Na tuto sílu umístěnou v nejvíce kritických polohách zkušebního prostoru je navržena ocelová konstrukce, prvky kotvení a základové pásy včetně mikropilot. Návrh byl proveden v souladu s platnými evropskými normami pro navrhování stavebních konstrukcí.

2 POPIS KONSTRUKCE

Konstrukci zkušebního zařízení tvoří dva hlavní rámy, viz obr. 1. Na těchto rámech jsou zespodu umístěny příčníky, které je možno rektifikovat z důvodu variability umístění zatěžovacích lisů. Rám je ukotven pomocí kotevních šroubů s T-hlavou do ocelového roštu umístěného v základových železobetonových pásch. Vzhledem k rozměrům základových železobetonových pásů není možno zajistit dostatečnou protiváhu pro předpokládané měření. Celková hmotnost základových pásů je zhruba 216 kN (21,6 t) a ocelové konstrukce 69 kN (6,9 t), což je cca 30 % z celkové požadované reakce. Z důvodu nedostatečné celkové vlastní tíhy konstrukce je potřeba ukotvení tohoto celku do podloží. Pro ukotvení byla navržena sestava mikropilot s uvažovanými délkami kořene 4 m. Mikropiloty jsou přivařeny ke kotevnímu roštu z důvodu velkých tahových napětí, které by nebylo možno přenést pomocí betonářské výztuže.



Obr. 1: Řez zkušebním zařízením

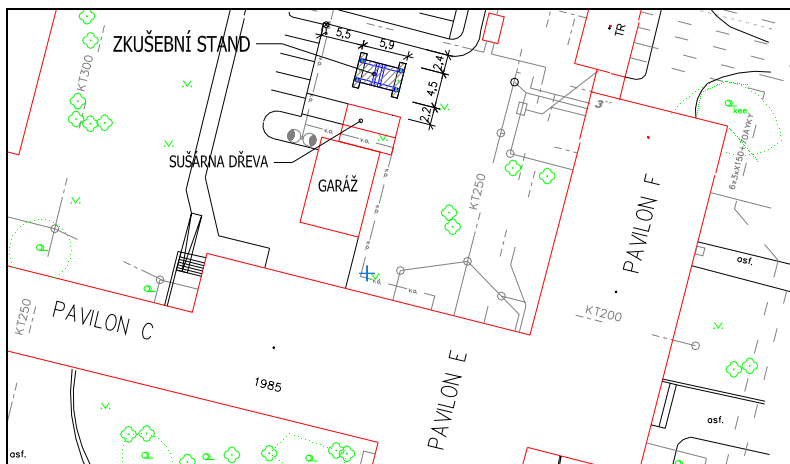
Z důvodu hloubkového založení byla vybrána plocha, která není dotčena inženýrskými sítěmi. Objekt se bude nacházet ve vzdálenosti 2,2 m od sušárny dřeva a 2,4 m od okraje parkoviště. Umístění v areálu FAST VŠB – TU Ostrava je patrné z obr. 2.

2.1 Geologické poměry

Jako podklad sloužila závěrečná zpráva OSTRAVA PUSTKOVEC – přístavba FAS TU VŠB (K-GEO, s.r.o., Ing. Luděk Kovář, Ph.D., 03/2006). Závěrečná zpráva konstatuje, že se jedná o jednoduché základové poměry, tedy vrstvy jsou uloženy téměř vodorovně.

Předkvarterní podklad zájmového území je tvořen sprašovými hlínami převážně tuhé konzistence třídy F6 CI (CL) o mocnosti do 5,0 m. Následuje přibližně 2,0 m mocná vrstva tuhých

glacigenních hlín třídy F6 CI (CL), pod kterými se nachází uhlé glacienní písky o mocnosti přibližně 3,0 m třídy S3 (S-F) a dále cca 5,0 m mocná vrstva uhlých písčitých štěrků třídy G3. Pod vrstvou štěrků pokračují uhlé písky třídy S2.

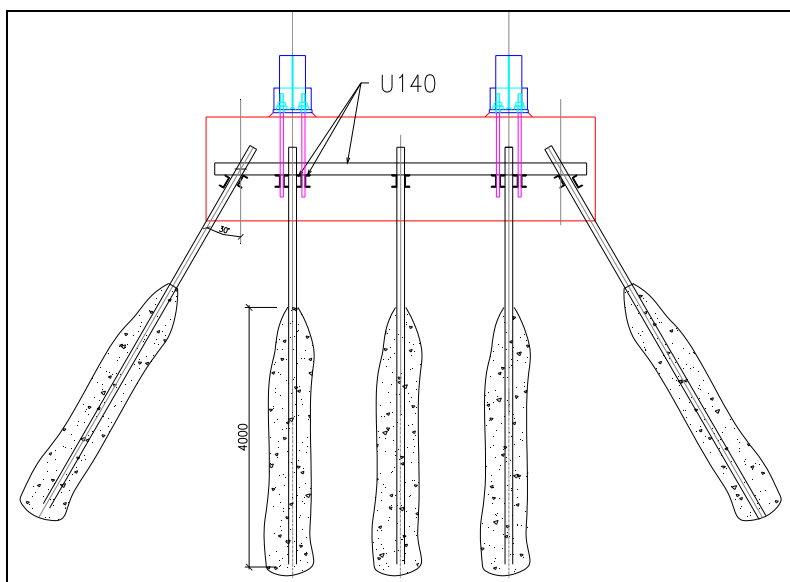


Obr. 2: Poloha navrženého měřicího zařízení

2.2 Základové konstrukce a kotvení do podloží pomocí mikropilot

Z důvodu již zmíněných tahových sil bylo nutno ukotvit danou konstrukci do podloží. Ve výkopu základových pásů byly provedeny pomocí vrtné soupravy vrty pro mikropiloty délky přibližně 5 m. Do vrtů byla jako výztuž mikropiloty osazena ocelová trubka 89/10 mm. Rozmístění mikropilot je patrné z obr. 3. Dále bylo provedeno kotvení ocelové konstrukce pomocí ocelového roštu z profilů U140. Detaily kotvení jsou zřejmé z obr. 3 a 4.

Do vyztužených vrtů pro mikropiloty byla provedena nízkotlaká zálivka cementovou směsí v poměru $c:v = 2:1$. Byl použit cement struskoportlanský 32,5R. Po zatuhnutí zálivky byla provedena vysokotlaká injektáž tlakem 2,5 MPa stejnou cementovou směsí jako pro nízkotlakou zálivku.



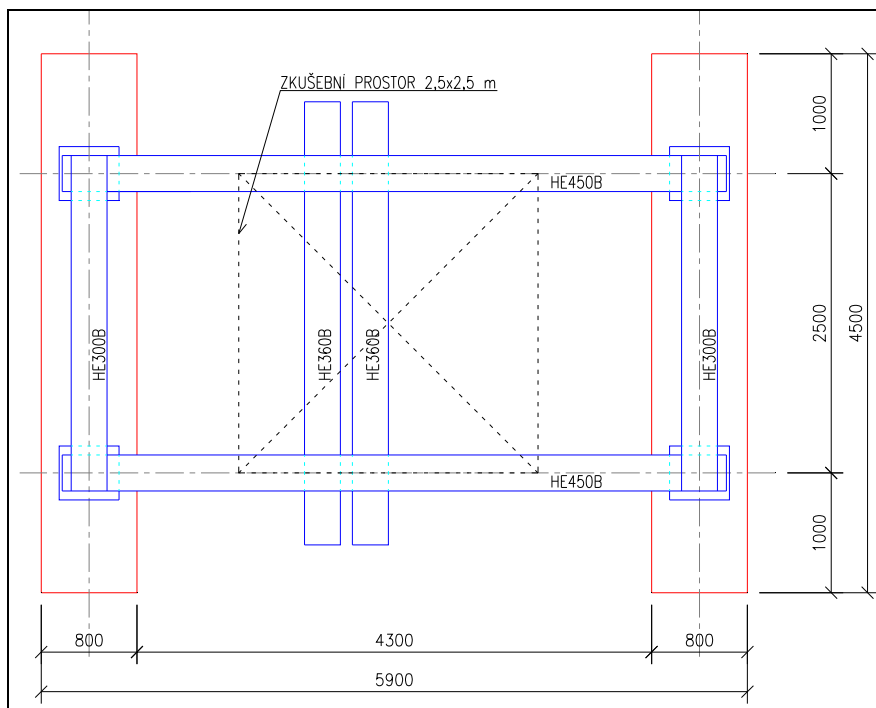
Obr. 3: Základový pás s pilotami a kotevním roštem



Obr. 4: Detail provedení základového pásu, kotevního roštu a mikropilot

2.3 Ocelová konstrukce

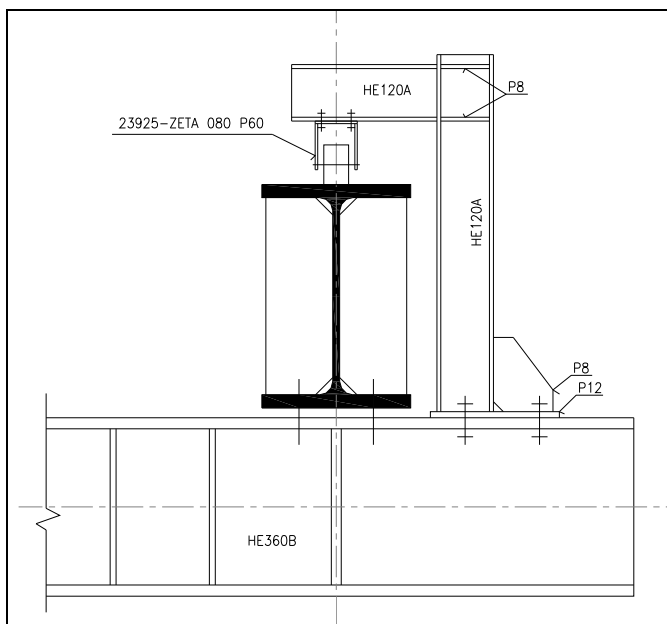
Nosná ocelová konstrukce je tvořena dvěma kloubově uloženými rámy vysokými 1825 mm s délkou příčle 5100 mm (osové vzdálenosti). Rámy jsou od sebe vzdáleny 2500 mm, viz obr. 5. Sloupy i příčle rámu jsou navrženy z profilů HE450B. Proti vybočení z roviny jsou rámy zajištěny pomocí rámových ztužidel, která jsou tvořena sloupy rámu a příčlí z HE300B. Jednotlivé prvky jsou momentově připojeny v oblasti rámových rohů pomocí vysokopevnostních šroubů. Jednodušší příhradové zavětrování nebylo zvoleno z důvodu umožnění přístupu ke zkušebnímu prostoru ze všech stran zkušebního zařízení.



Obr. 5: Půdorys navrženého standu

Při vyvozování zatížení se hydraulický lis opírá o příčný nosník z HE360B, který je pomocí šroubového spoje uchycen k dolním pásnicím příčlí rámu. Vzhledem k velkému lokálnímu zatížení příčného nosníku a následně také příčlí rámu bylo nezbytné tyto prvky vyztužit pomocí příčných výztuh. Vzdálenost příčných výztuh je volena 200 mm, v těchto roztečích je možné na zatěžovacím prostoru 2500×2500 volit místo působení hydraulického lisu.

Vzhledem k tomu, že příčný nosník délky 3700 mm navržený z profilu HE360B váží přibližně 640 kg a manipulace s takto těžkým prvkem by byla pro obslužný personál velmi náročná a potencionálně nebezpečná, bylo navrženo jednoduché zařízení, které umožní snadnou manipulaci s příčným nosníkem, viz obr. 6. Manipulace je umožněna pomocí dvou odnímatelných konzol z profilů HE120A momentově uložených na horní pásnici příčného nosníku. Konzoly jsou na převislé části opatřeny koly umožňujícími posuv po horních pásnicích příčlí rámu. Hmotnost odnímatelných konzol je 27 kg.



Obr. 6: Rámový roh, uložení ztužujícího příčníku

Kotvení konstrukce do betonového základu je dimenzováno na návrhovou tahovou sílu ve sloupu 937 kN. Patka je navržena jako kloubová se čtyřmi kotevními šrouby M36x3 z oceli S355 opatřenými na konci T hlavou opřenou do ocelového roštu, který je součástí základových pásů. Vyztužený patní plech je navržen o tloušťce 35 mm, výška podlití je 50 mm. Otvory v patním plechu umožňují vůli v osazení kotevních šroubů ± 10 mm (předpokládá se přesné osazení šroubů před betonáží jejich přivařením ke kotevnímu roštu). Šrouby v části nad patním plechem jsou chráněny krytkami.

Celková hmotnost ocelové konstrukce (bez základového roštu) je 6434 kg. Všechny ocelové prvky jsou navrženy z oceli S355J0, pozinkované šrouby z materiálu pevnostní třídy 8.8. Konstrukce je opatřena nátěrem v souladu s normou ČSN EN ISO 12944-3 pro stupeň korozní agresivity C3. Ocelová konstrukce je navržena a vyrobena pro třídu provedení EXC2 podle normy ČSN EN 1090-2. Výsledné provedení konstrukce je patrné z obr. 7.

3 KONCEPCE EXPERIMENTŮ

Návrh zkušebního standu byl původně koncipován pro potřeby statické zatěžovací zkoušky, kde se předpokládalo maximální zatížení lisem 37 kN. Po následné úpravě návrhu bude nyní možno vyvodit celkové zatížení na model základu o hodnotě až 1 MN. Zařízení je navrženo tak, aby bylo dostatečně flexibilní pro různé druhy zkoušek a poloh zatěžovacích lisů. Zařízením bude možno

zkoumat modely patek, pásů, desek a pod. Velikosti modelů základových konstrukcí budou omezeny pouze příčným rozměrem zkušebního standu a velikostí ocelové konstrukce, kde je možno provádět zatížení.



Obr. 7: Dokončená konstrukce zkušebního standu v areálu FAST VŠB-TU Ostrava

4 ZÁVĚR

Článek pojednával o technickém řešení zkušebního zařízení pro účely experimentální analýzy interakce podloží a základových konstrukcí. Zařízení je navrženo tak, aby bylo možno zkoumat různé modely základových konstrukcí v interakci s podložím, např. pásy, desky a pod. Konstrukce je navržena také s ohledem na možnost výměny zkoumaných vrstev podkladu.

PODĚKOVÁNÍ

Príspevek byl realizován za finančního přispění projektu MSK 2010-03-35HS pod číslem 221004 - Experimentální ověřování základových konstrukcí v interakci s podložím a Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR, projekt 1M0579, v rámci činnosti Centra integrovaného navrhování progresivních stavebních konstrukcí CIDEAS.

LITERATURA

- [1] ČAJKA, R., KŘIVÝ, V., SEKANINA, D. *Experimentální zařízení pro zkoušky interakce základových konstrukcí a podloží*. Funkční vzorek, ev. č.: 095/24-11-2010_F.
- [2] ČSN 73 6190 *Statická zatěžovací zkouška podloží a podkladních vrstev vozovek*. ČNI, 1982.
- [3] ČSN EN ISO 12944-3 *Nátěrové hmoty - Protikorozi ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy - Část 3: Navrhování*. ČNI, 1999.
- [4] ČSN EN 1090-2 *Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí - Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce*. ČNI, 2009.

Oponentní posudek vypracoval:

Prof. Ing. Josef Vičan, CSc., Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta.

Doc. Ing. Zora Hroncová, CSc., Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta.